



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Σχεδιασμός και κατασκευή καλουπιού για Injection Molding

Φίλιππος Μπεζμέρτης
Γιώργος Μαυρίκας
Αριστοτέλης Μωυσής Νταρούις
Μιχάλης Νικολάκης

Εισαγωγή

Η εν λόγω εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ. Αφορά στην μελέτη ,τον σχεδιασμό και τελικά την κατασκευή λειτουργικού καλουπιού ,με το οποίο θα γίνονταν χύτευση στην μηχανή REPRO MINOR που διαθέτει το εργαστήριο εμβιομηχανικής. Αρχικά καθορίστηκε το τεμάχιο ,το οποίο θα αναπαράγονταν μέσω της χύτευσης, ακολούθησε λεπτομερής καταγραφή των διατάσεων του, της γεωμετρίας του και των λοιπών λειτουργικών χαρακτηριστικών του. Στην συνέχεια ακολούθησε ανάλυση και καταγραφή των χαρακτηριστικών της μηχανής REPRO MINOR και μέτρηση ορισμένων χαρακτηριστικών που δεν αναφέρονταν στο manual της μηχανής. Αφού είχαν καθοριστεί σαφώς οι ανάγκες που έπρεπε να ικανοποιεί το καλούπι ,καθώς και τα χαρακτηριστικά της μηχανής το επόμενο στάδιο ήταν η εξέταση διαφορετικών περιπτώσεων καλουπιών. Μετά από υπολογισμούς και προσομοιώσεις σχετικά με την ψύξη και την πορεία του πολυμερούς μέσα στο καλούπι κατά την χύτευση ,καταλήξαμε στον τελικό σχεδιασμό και τις τελικές διαστάσεις σύμφωνα με τα υπολογιζόμενα μεγέθη. Τέλος ακολούθησε η κατασκευή του καλουπιού στην μηχανή Okuma MX-45 VAE 3-Axis που βρίσκεται στο κτίριο Ξ.

Η μηχανή REPRO MINOR



Σχήμα 1: Η μηχανή injection molding για την οποία σχεδιάστηκε το καλούπι

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εν λόγω μηχανής :

INJECTION MOULDER, REPRO MINOR	
Heat Temperature Range	0°C to +300°C
Input Power	300W
External Depth	250mm
Height	240mm
Length	610mm
Weight	12.5kg

Επιπλέον μετρήσαμε την ογκομετρική παροχή της ,στα **30 ml/rev**,ενώ η μέγιστη γωνίας στρέψης του χειρομοχλού είναι οι **600°** .

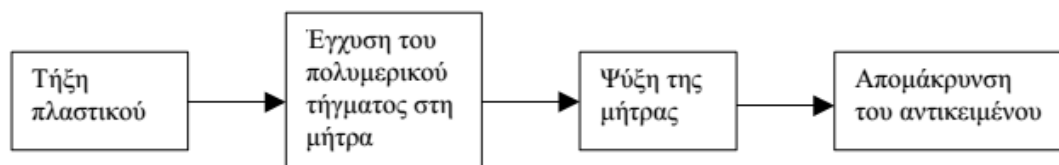
Τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά είναι πολύ μεγάλης σημασίας ,καθώς η ογκομετρική παροχή της μηχανής σε συνδυασμό με τη μέγιστη γωνία στρέψης του χειρομοχλού ,καθορίζει το μέγεθος του τεμαχίου που μπορεί να χυτευθεί σε αυτήν. Μάλιστα καθορίστηκε ότι ολόκληρο το τεμάχιο που μας είχε δοθεί για να φτιάξουμε το καλούπι τους ,ήταν αδύνατο να χυτευθεί στην εν λόγω μηχανή. Έτσι καταλήξαμε σε ένα μικρότερου μεγέθους τεμάχιο , που συνδυαζόμενο με άλλα πανομοιότυπα μπορούσε να δημιουργήσει το τεμάχιο που μας ζητήθηκε στις πλήρεις του διαστάσεις.

Λειτουργία injection molding

Η διεργασία χύτευσης με έγχυση πολυμερών σε τήξη χρησιμοποιείται στη βιομηχανία πλαστικών για την παραγωγή παντός είδους αντικειμένων που παλαιότερα γίνονταν με μέταλλα. Η διεργασία είναι επομένως από τις πιο κοινές στη μορφοποίηση πλαστικών. Αντικείμενα που παράγονται με έγχυση σε μήτρες χύτευσης (καλούπια) συμπεριλαμβάνουν από συνδετήρες χαρτιών μέχρι προφυλακτήρες αυτοκινήτων, και από κύπελλα καφέ μέχρι περιβλήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Λόγω της μεγάλης ευχρηστίας, ευελιξίας, και ολικού βιοχαρτικού όγκου πλαστικών που παράγονται με τη διεργασία αυτή, αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές διεργασίες μορφοποίησης πλαστικών που υπάρχουν σήμερα. Στην εν λόγω εργασία σκοπός μας δεν ήταν η μαζική παραγωγή εκατοντάδων τεμαχίων (κάτι που θα αύξανε σημαντικά το κόστος) αλλά η

δημιουργία μερικών δεκάδων ,για την κάλυψη των αναγκών του εργαστηρίου εμβιομηχανικής.

Αναφορικά με τα βασικά στάδια της διεργασίας, η χύτευση με έγχυση (injection molding) μπορεί να παρουσιαστεί σχηματικά όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

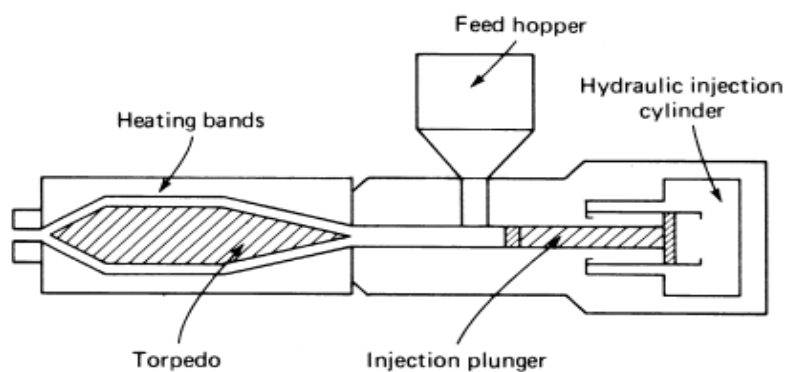


Σχήμα 2: Σχηματική αναπαράσταση των διάφορων σταδίων της χύτευσης με έγχυση

Το πολυμερικό στερεό υλικό τήκεται (εισάγεται από το feed hopper) και το πολυμερικό τήγμα μεταφέρεται στη μήτρα, όπου εγχύεται κάτω από υψηλή πίεση. Η μήτρα ψύχεται για τη στερεοποίηση του προϊόντος, κατόπιν ανοίγει, και το τελειωμένο πλαστικό αντικείμενο εκβάλλεται. Η μήτρα κλείνει και ο κύκλος επαναλαμβάνεται ,τις περισσότερες φορές αυτοματοποιημένα ,δημιουργώντας έτσι πολύ μεγάλο όγκο παραγόμενων τεμαχίων σε πολύ μικρό χρόνο. Ακόμα γίνεται χρήση βέβαια και της κατασκευής των καλουπιών που επιτρέπει την παραγωγή σε κάθε χύτευση ,παραπάνω του ενός τεμαχίου ,όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.

Ο μηχανισμός με τον οποίο λειτουργούν οι μηχανές χύτευσης ποικίλει ανάλογα με το είδος της μηχανής. Παρακάτω ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των πιο βασικών μηχανισμών λειτουργίας.

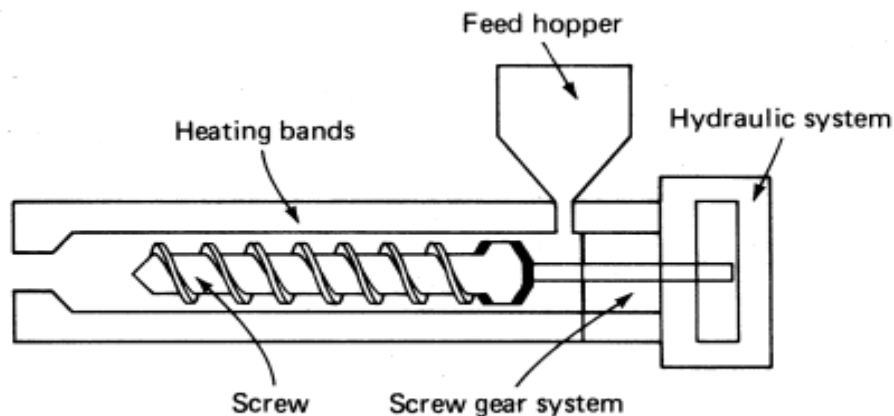
Η πιο απλή μηχανή έγχυσης (όπως η μηχανή REPRO MINOR με την οποία ασχολούμαστε στην παρούσα εργασία) είναι τύπου εμβόλου (ram ή plunger), όπως φαίνεται και στο σχήμα.



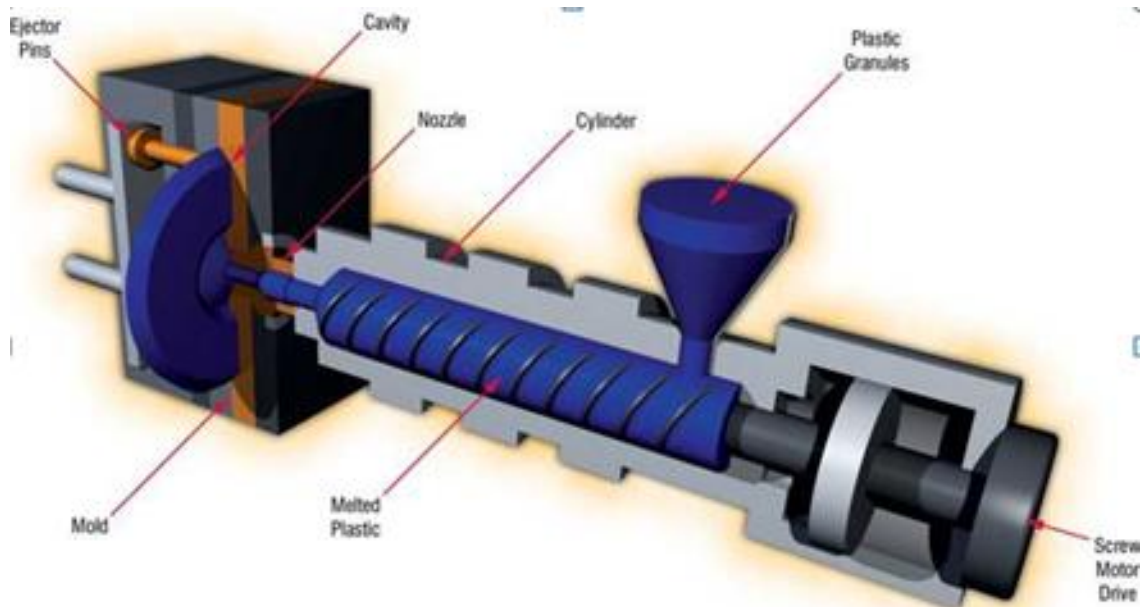
Το πλαστικό απλά ωθείται προς τα εμπρός από το έμβολο μέσα στη θερμαινόμενη περιοχή. Επειδή το υψηλό ιξώδες του πολυμερούς εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή, είναι απαραίτητο να απλωθεί το πολυμερικό τήγμα σε ένα λεπτό στρώμα για να έρθει σε επαφή με τις θερμαινόμενες

επιφάνειες. Από τους πιο κοινούς «απλωτήρες» είναι ο τύπος «τορπίλης», που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, ο οποίος απλά τροφοδοτεί το υλικό κυκλικά μέσα από δακτύλιο. Μετά την τήξη, το υλικό συγκλίνει και ρέει μέσα από ακροφύσιο που το οδηγεί στη μήτρα έγχυσης.

Πιο κοινή στις σημερινές χρήσεις είναι η μηχανή τύπου παλινδρομούντος κοχλία (reciprocating screw), όπως φαίνεται σχήμα.



Στο σύστημα αυτό η λειτουργία του κοχλία είναι κυρίως να τήξει και να αναμίξει το υλικό της τροφοδοσίας. Για την έγχυση ολόκληρος ο κοχλίας κινείται προς τα εμπρός, ενώ ειδική βαλβίδα δεν επιτρέπει ροή προς τα πίσω.

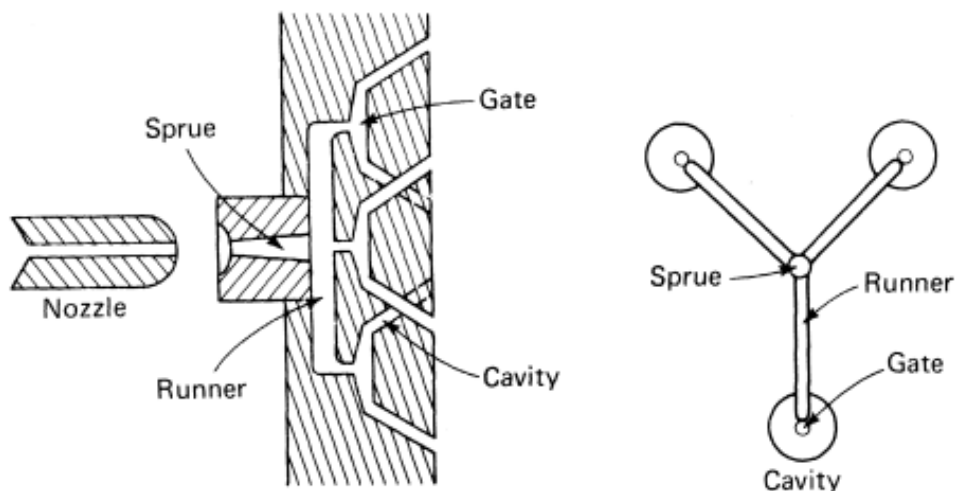


Σχήμα 3: Μηχανή τύπου παλινδρομούντος κοχλία με προσαρτημένο καλούπι ,διαδικασία έγχυσης.



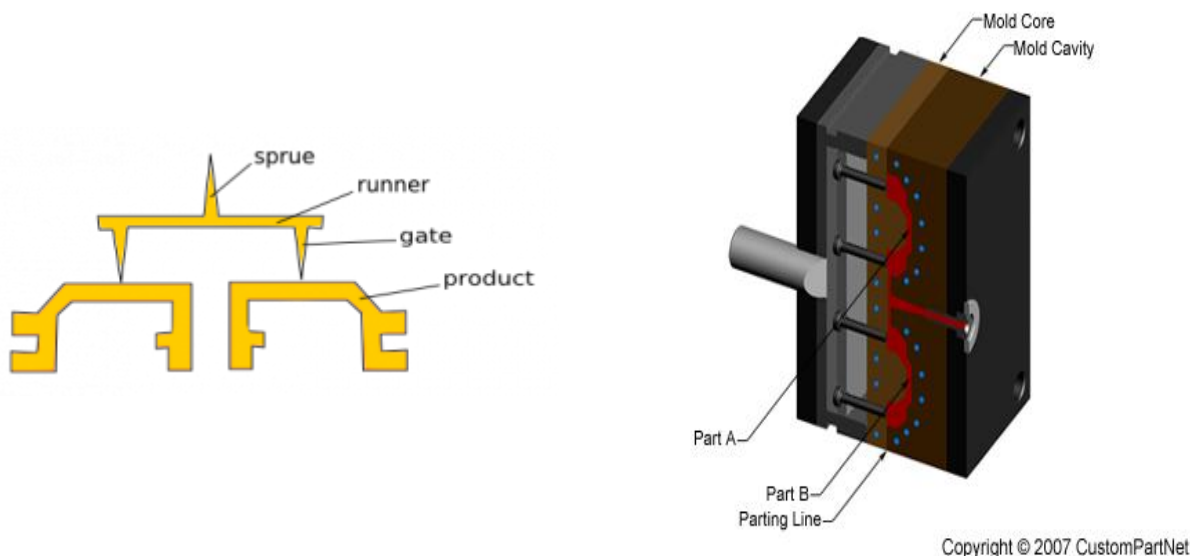
Σχήμα 4: Μηχανή injection molding βιομηχανικής χρήσης

Σχετικά με το καλούπι ,που προσαρμόζεται πάνω στην μηχανή τα τυπικά στοιχεία του συστήματος μεταφοράς φαίνονται στο παρακάτω σχήμα .



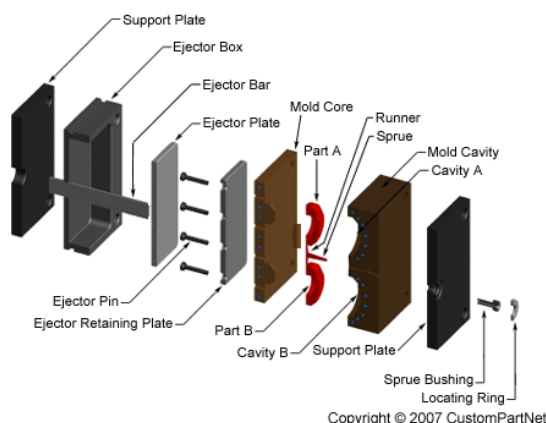
Το υλικό μεταφέρεται από τη μηχανή χύτευσης προς τη μήτρα έγχυσης μέσα από το ακροφύσιο (nozzle), το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη μήτρα μέσω του διαύλου (sprue bushing). Το sprue ,είναι ο κύριος οχετός που συνδέει τους runners η αρχική διάμετρος του sprue είναι 1,5mm μεγαλύτερη από την διάμετρο της εξόδου του injection και η τελική μεγαλύτερη περίπου από το μέγιστο πάχος του πλαστικού συν 1mm ,έχοντας 1-4 μοίρες κωνικότητα. Σε μήτρες με πολλαπλές κοιλότητες (cavities), το θερμό τήγμα μεταφέρεται σε κάθε μήτρα από τους δρομείς (καταλήγουν σε μικρή διάμετρο για να θερμαίνουν περαιτέρω το υλικό μέσω τριβής με την έξοδο του injection) .Κάθε δρομέας (runner) συνδέεται με την κοιλότητα που τροφοδοτεί με την πύλη εισόδου (gate), που δεν είναι άλλο από μια στένωση

στο κανάλι ροής. Ακόμα στο καλούπι με το οποίο γίνεται η χύτευση , απαρτίζεται από δύο μέρη : το core και το cavity ,ενώ υπάρχει και η parting line που διαχωρίζει στην ουσία το core από το cavity.



Σχήμα 5: Τα βασικά στοιχεία ενός καλουπιού

Τέλος βασικό στοιχείο για μια επιτυχή χύτευση αποτελεί και η δύναμη συγκράτησης (clamping force) πάνω στην μηχανή ,καθώς δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι σε βιομηχανικές εφαρμογές η πίεση που εφαρμόζεται στα καλούπια από την μηχανή κατά την διάρκεια της έγχυσης είναι της τάξης των δεκάδων bar,στην δική μας περίπτωση αν και μελετήθηκε η ασκούμενη πίεση στο καλούπι ,κρίθηκε τελικά πολύ μικρή για να παραμορφώσει το επιθυμητό διάκενο.



Σχήμα 6: Αναλυτικά ,ένα καλούπι βιομηχανικού τύπου

Υλικό χύτευσης

Το υλικό χύτευσης επιλέξαμε να είναι πολυπροπυλένιο (PP4052F). Η επιλογή του έγινε κυρίως λόγω:

- Διαθεσιμότητας
- Μεγάλης αντοχής σε μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις.
- Αντίστασης σε ρηγματώσεις από καταπονήσεις.
- Χαμηλού συντελεστή διαστολής από υψηλές θερμοκρασίες.
- Αντίστασης σε χημικά.
- Απόλυτα λείας επιφάνεια (για μέγιστη αντίσταση σε μικρόβια)
- Μεγάλης διάρκειας ζωής
- Σημείου τήξης περίπου 200 °C (μέγιστη θερμοκρασία στην οποία φθάνει η μηχανή περίπου 300 °C)

Παρακάτω περιγράφονται μερικές προδιαγραφές του εν λόγω πολυμερούς που χρησιμοποιήθηκαν κατά τους υπολογισμούς μας :

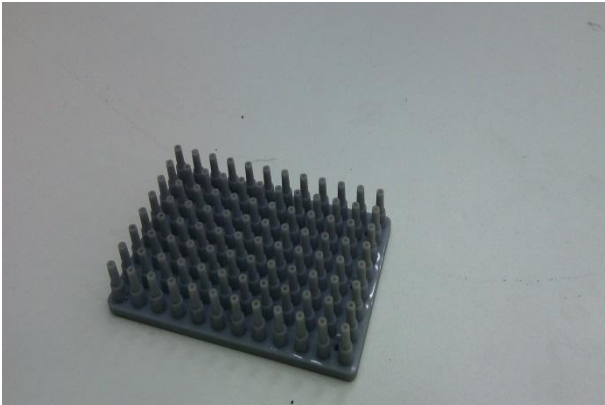
Μεγέθη	Κανονισμός	
Density	0.906 g/cc	ASTM D1505
Water Absorption	0.010 %	ASTM D-570
Linear Mold Shrinkage	0.015 - 0.020 cm/cm	ASTM D-955
Melt Flow	8.0 g/10 min	ASTM D1238
Melt Temperature	218 - 260 °C	



Σχήμα 7: Bapolene® 4052F Polypropylene

Σχεδίαση: Το τεμάχιο

Σκοπός μας ήταν η δημιουργία ενός τμήματος του παρακάτω τεμαχίου το οποίο προορίζεται για να φέρει πιπέτες στις άκρες των στελεχών του:



Ας παρατηρηθεί ότι το τεμάχιο φέρει 8x12 στελέχη ενώ το δικό μας θα φέρει 6x4 ,όπως έχει προαναφερθεί, διότι η ογκομετρική παροχή της μηχανής δεν επαρκεί για την χύτευση ολόκληρου του τεμαχίου. Σχετικά με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάναμε κάποιες παρατηρήσεις ,οι οποίες και κατά την διάρκεια του σχεδιασμού και του υπολογισμού του καλουπιού αποτέλεσαν τις απαιτήσεις που θα έπρεπε να πληρεί το τεμάχιο .Έτσι θα έπρεπε στο σχεδιαζόμενο καλούπι να υπάρχει :

- Η διατήρηση της κωνικότητας των στελεχών ,καθώς σε αυτά προσαρμόζονται πιπέτες. Η διατήρηση των βασικών διαστάσεων των καλουπιού (απόσταση μεταξύ των στελεχών ,ύψος στελεχών, συνολικό ύψος του τεμαχίου)
- Κρίθηκε αδύνατη η δημιουργία των οπών , Φ1,5 (οπές στην βάση των κωνικών στελεχών) κατά το στάδιο της χύτευσης. Ο λόγος είναι ότι κατασκευαστικά ήταν πολύ δύσκολη και χρονοβόρα η δημιουργία του καλουπιού με 'καρδιές' 1,5mm (δυσμενείς συνθήκες κατεργασίας :μια τέτοια καρδιά θα τίθονταν σε ταλάντωση και θα έσπαγε πολύ εύκολα εξαιτίας των αναπτυσσόμενων δυνάμεων κοπής)

Υπολογισμοί

Οι παράγοντες που έπρεπε να λάβουμε υπόψη μας σχετικά με τον σχεδιασμό του καλουπιού ήταν :

- **Εξαέρωση.** Πρόκειται για ένα από τα σημαντικότερα τμήματα της χύτευσης .Αφορά την έξοδο του αέρα από το υλικό της χύτευσης και ο ρυθμός εξόδου του περιγράφεται από τον τύπο :
$$\text{flow rate} = b \cdot h \cdot \sqrt{\frac{T_k}{293}} \cdot 2 \cdot 10^{-2}$$
 όπου $T_k = \text{air temperature}$. Καθορίζει επίσης και το κενό ανάμεσα στα δυο τμήματα του καλουπιού
- **Ψύξη.** Η συστολή του τεμαχίου μικραίνει καθώς αυξάνουμε το ρυθμό ψύξης και δημιουργώντας παραπάνω πίεση
- **Συστολή .** Καθορίζει τις διαστάσεις του καλουπιού , βάση της θερμικής συμπεριφοράς τόσο του τεμαχίου όσο και του καλουπιού
- **Δύναμη συγκράτησης.** Η δύναμη συγκράτησης είναι σημαντικός παράγοντας γιατί δεν θα πρέπει να παραμορφώνει το υπολογισμένο κενό που πρέπει να υπάρχει για να φεύγει ο αέρας , αλλά και να ισορροπεί την πίεση εσωτερικά του καλουπιού
- **Ejectors.** Μας βοηθούν να βγει το τεμάχιο από την μήτρα του
- **Πείροι κέντρωσης.** Τα δύο μέρη του καλουπιού θα πρέπει να συνεργάζονται χωρίς να αποκλίνουν καθόλου από την προκαθορισμένη θέση τους

Ειδικότερα ασχοληθήκαμε με την εξαέρωση ,την ευθυγράμμιση ,τους ejectors και την δύναμη σύσφιξης:

Εξαέρωση

Είναι αναγκαίο σε ένα καλούπι να γίνει απαγωγή του αέρα από τον χώρο που θα εισχωρήσει το πλαστικό για τους εξής λόγους:

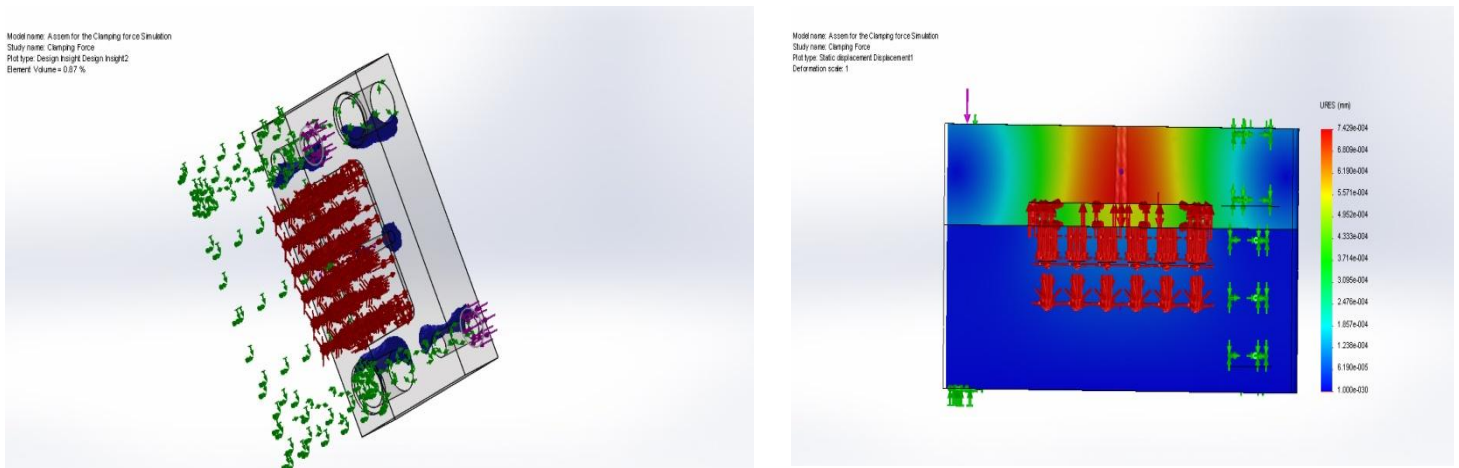
- Για να μην σχηματιστεί πορώδες από τον εγκλωβισμένο αέρα
- Για την σωστή και χωρίς αντίσταση πλήρωση του χώρου
- Για αυτόν τον λόγο υπολογίσαμε την ροή αέρα μέσα από σχισμές σύμφωνα με τους νόμους Poiseuille

Πιο συγκεκριμένα, υπολογίσαμε τον ρυθμό μεταβολής του όγκου που δημιουργεί flash στην parting line και την ταχύτητά του σε σχέση με το πάχος του διακένου το οποίο και βρήκαμε 100μm

Δύναμη σύσφιξης

Η δύναμη σύσφιξης υπολογίζεται στα καλούπια με σκοπό την αποφυγή παραμόρφωσης του καλουπιού λόγω πίεσης, η οποία θα οδηγήσει στην αλλαγή γεωμετρίας του τελικού τεμαχίου. Για να υπολογίσουμε αυτή την ροπή σύσφιξης των κοχλιών βρήκαμε την ισχύ που δίνουμε εμείς, δηλαδή την πίεση που ασκείται στον χώρο του τεμαχίου και προσομοιώσαμε για να βρούμε την παραμόρφωση. Τελικά η πίεση που ασκείται είναι ελάχιστη και δημιουργεί ελάχιστη παραμόρφωση η οποία για να συγκρατηθεί χρειάζεται σε 2xM10 κοχλίες ροπή σύσφιξης περίπου

0,1N



Εικόνες 1,2:πολύ μικρές παραμορφώσεις

Ευθυγράμμιση

- Ένα καλούπι για να βγάλει την σωστή γεωμετρία του τεμαχίου και για να γίνεται επαναλήψιμα, χρειάζεται σωστή ευθυγράμμιση του core με το cavity
- Για να ευθυγραμμίσουμε λοιπόν το κομμάτι μας προσαρμόσαμε πείρους, οι οποίοι με βάση τις ανοχές που θα πετύχουμε στην κατεργασία θα σφηνώνονται στο cavity και θα μπαίνουν ελεύθερα στο core.
- Οι ανοχές που επιλέχτηκαν είναι h6/U7 στο cavity και h6/H75

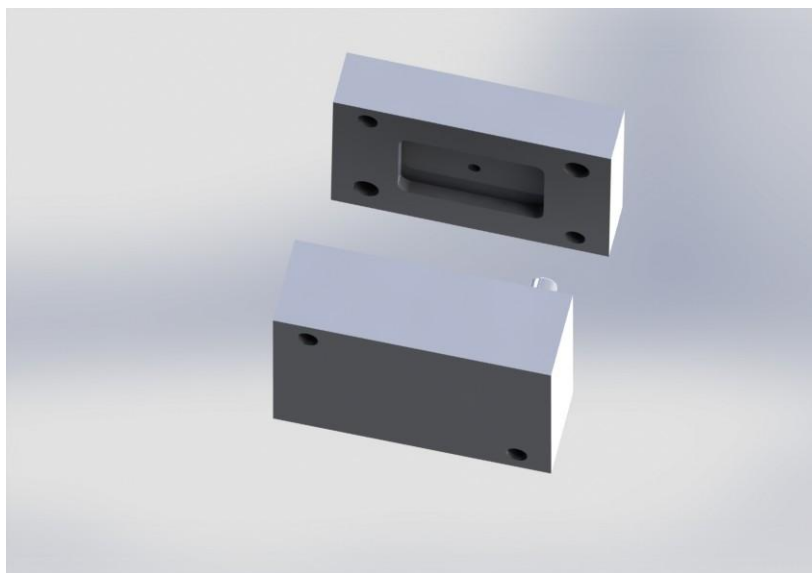
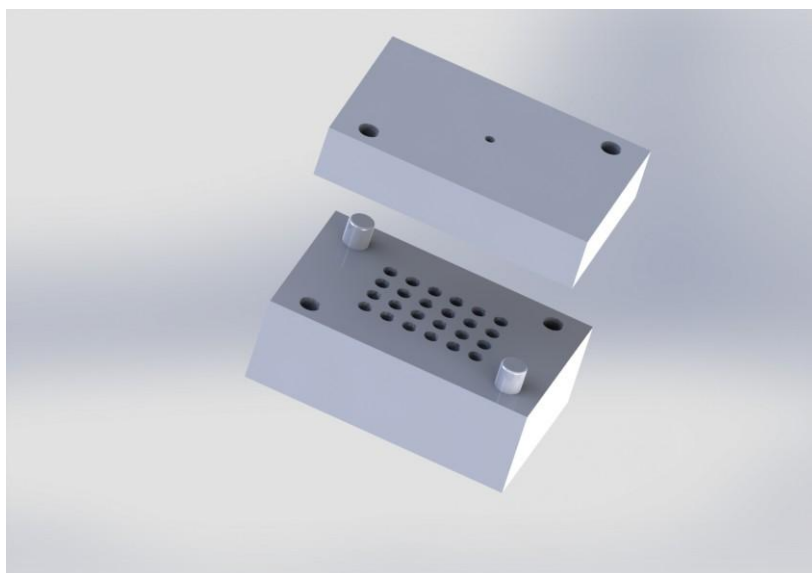
Εκβολή

Το κομμάτι καθώς κρύνει στο καλούπι κολλάει στα τοιχώματα και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται πείροι και άλλα συστήματα εκβολής και

σημαντικότερα κωνικές γεωμετρίες για την ευκολότερη αποκόλληση του τεμαχίου. Στο δικό μας κομμάτι χρησιμοποιούμε δύο βίδες M5 σε κεντρικά σημεία, στα οποία δεν θα παραμορφωθεί το κομμάτι εάν πιεστεί.

Σχεδίαση: Αρχικό καλούπι

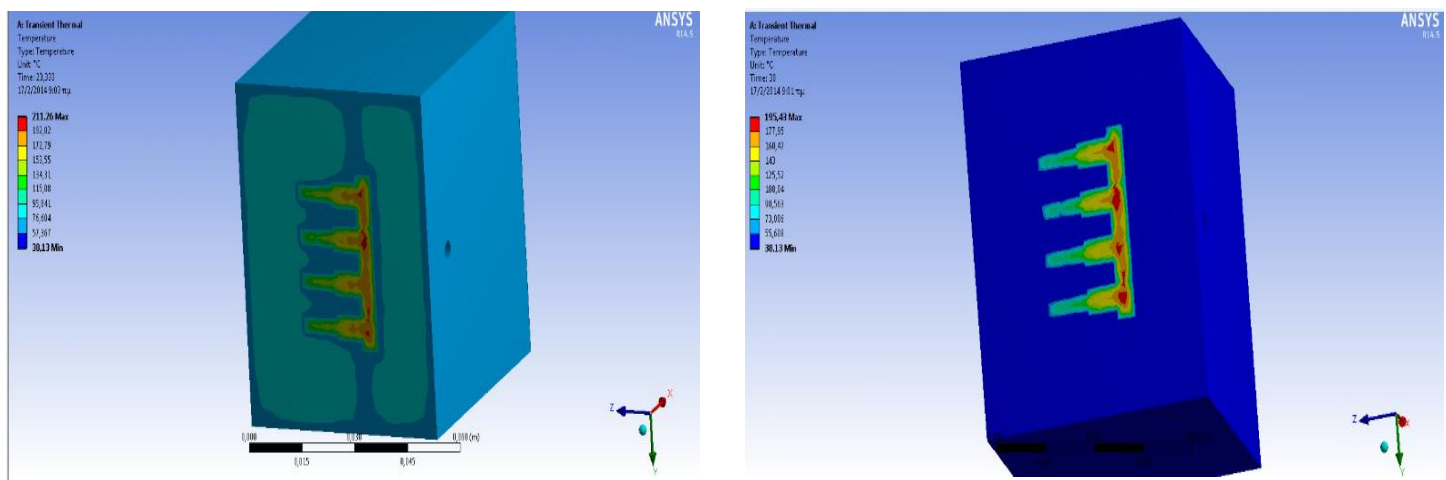
Η αρχική μας ιδέα ήταν η εξής :



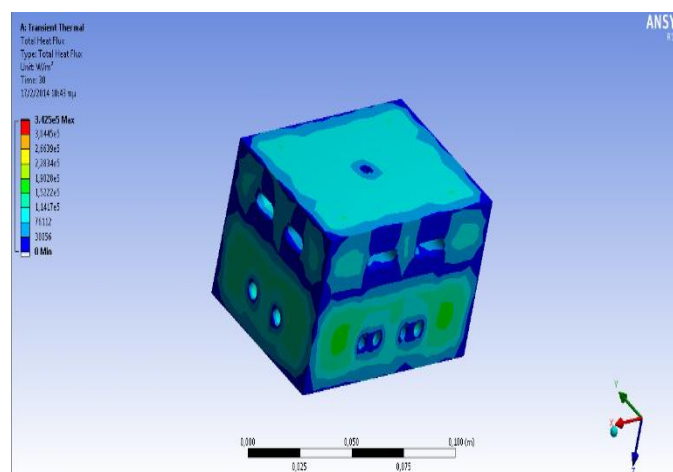
Στην ουσία σχεδιάσαμε το απλούστερο καλούπι που ικανοποιούσε τις απαιτήσεις του τεμαχίου όπως ορίστηκαν πιο πάνω. Γρήγορα όμως καταλήξαμε ,μέσα από προσομοιώσεις στο συμπέρασμα ότι τον εν λόγω καλούπι ήταν προβληματικό ως προς την ψύξη του (δεδομένου ότι για ομοιόμορφη ροή του υλικού ,το καλούπι θα θερμαίνονταν στους 200°C). Αυτό με την σειρά του θα δημιουργούσε πρόβλημα

στην ψύξη του παραγόμενου τεμαχίου και τελικά στην παραμόρφωση του λόγω των τάσεων που δημιουργούνται κατά την συστολή του τεμαχίου. Παρακάτω φαίνονται οι προσομοιώσεις που έγιναν σχετικά με την ψύξη του τεμαχίου σε διάστημα 30s. Δοκιμάστηκαν διαφορετικά σενάρια ψύξης :

- Θέρμανση καλουπιού στους 200° C
- Διαφορετικές γεωμετρίες για επιτάχυνση της ψύξης
- Ψύξη σε λουτρό νερού θερμοκρασίας περιβάλλοντος



Εικόνες 3,4: Θερμοκρασιακή κατανομή τους καλουπιού και του τεμαχίου , αφού έχουμε θερμάνει το καλούπι και αφού το ψύχουμε μέσα σε νερό θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η πρώτη εικόνα παρουσιάζει την κατανομή της θερμοκρασίας σε χρόνο 23s ενώ η δεύτερη μετά το πέρας των 30s



Εικόνα 5: Κατανομή της θερμοκρασίας υπο τις ίδιες συνθήκες ψύξης με παραπάνω (σε λουτρό νερού) με διαμπερείς όμως τρύπες αυτή την φορά στο core και στο cavity

Από τις παραπάνω προσομοιώσεις θεωρήσαμε ότι καλύτερες συνθήκες ψύξης θα μας παρέχει μία γεωμετρία στην οποία θα λείπει όσο το δυνατόν περισσότερο υλικό γύρω από το cavity. Ουσιαστικά η ταχύτερη ψύξη του τεμαχίου θα εξασφαλίζονταν εάν μεταξύ παραγόμενου τεμαχίου και του λουτρού παρεμβάλλονταν όσο το δυνατό λιγότερο υλικό, με αυτό τον τρόπο θα αποφεύγονταν και σε μεγάλο βαθμό η ανεπιθύμητη συστολή του τεμαχίου η οποία όσο μεγαλώνει ο ρυθμός ψύξης ,μικραίνει.

Σχεδίαση : Τελικό καλούπι

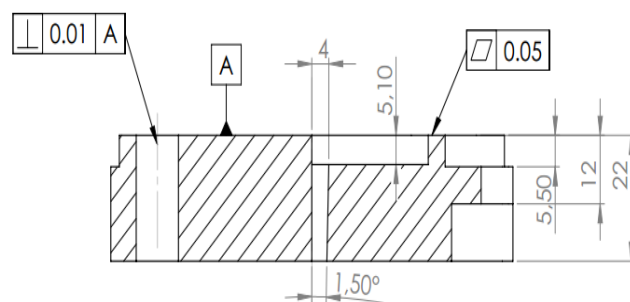
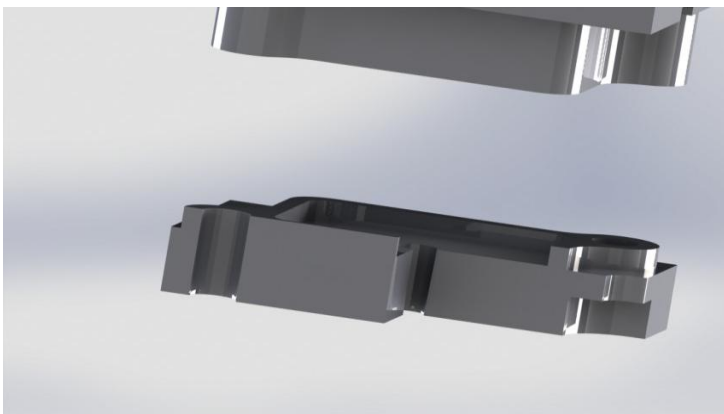
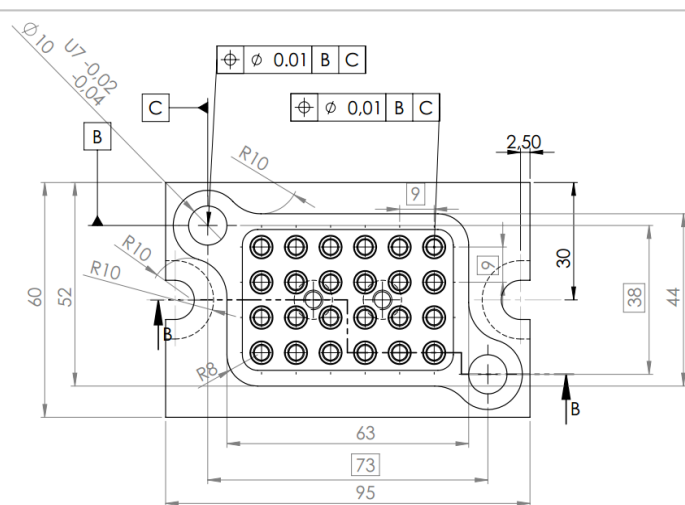
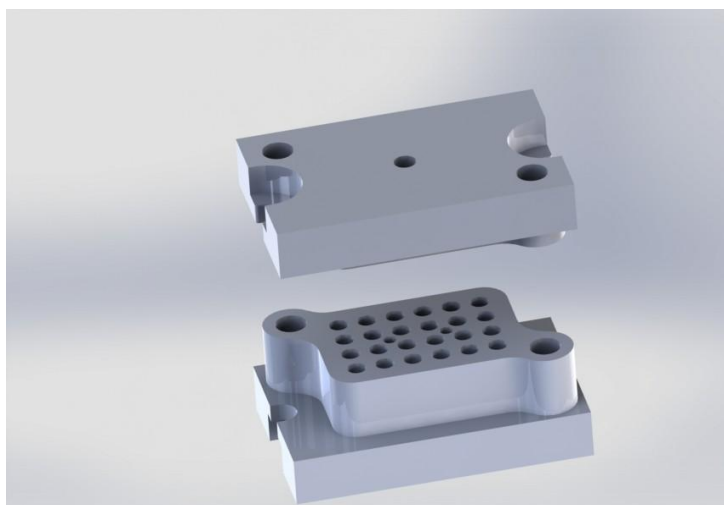
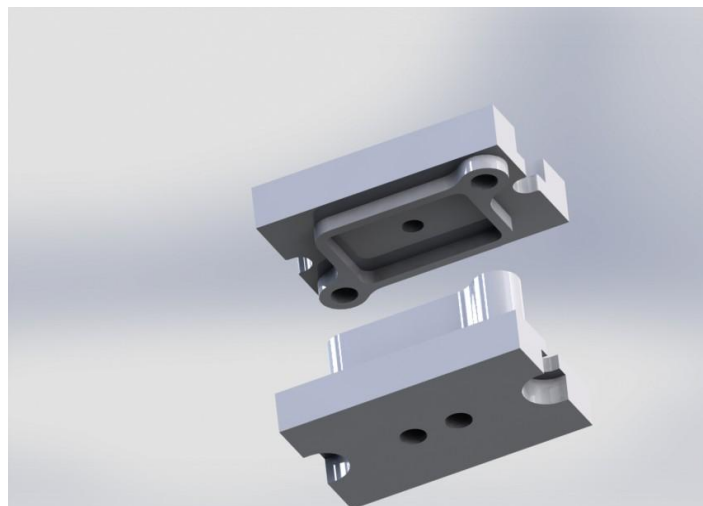
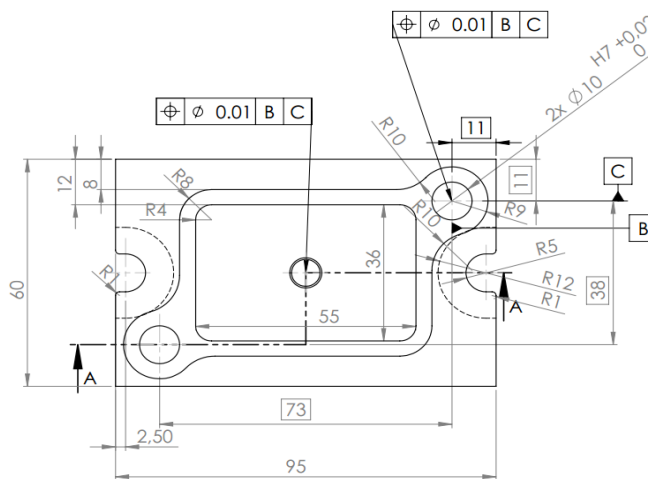
Αξιοποιώντας τους υπολογισμούς μας ,στο καλούπι μας κάναμε τις παρακάτω ενέργειες ώστε να επιτύχουμε καλύτερο αποτέλεσμα:

- Μείωση του όγκου του καλουπιού για γρηγορότερη ψύξη
- Δημιουργία ποκέτας για ελαχιστοποίηση των επιφανειών που εφάπτονται ,ελάττωση με αυτό τον τρόπο του χρόνου κατεργασίας για να επιτευχθεί η κατάλληλη τραχύτητα στην parting line
- Δέσιμο των δύο μερών του καλουπιού από τα πλάγια με βίδες ,και με τρόπο που να αποσυναρμολογείται εύκολα
- Δέσιμο του καλουπιού πάνω στην μηχανή από το core
- Αγορά ξεχωριστά των πείρων κέντρωσης ώστε να έχουν καλές ανοχές
- Ψύξη καλουπιού σε λουτρό νερού θερμοκρασίας περιβάλλοντος
- Θέρμανση καλουπιού σε φούρνο μέχρι τους 200° C για καλύτερη ροή του πολυπροπυλενίου
- Κατασκευή ejectors που θα βοηθήσουν στην αποκόλληση του τεμαχίου από το καλούπι

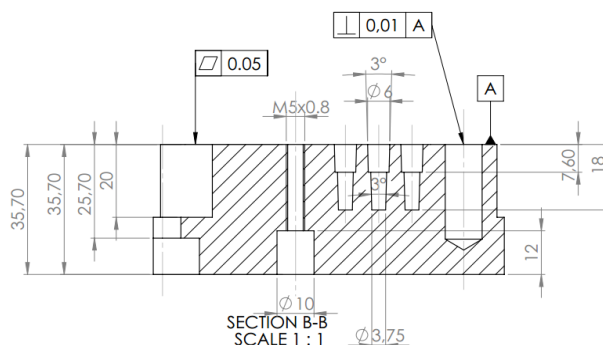
Στα παρακάτω σχέδια αξίζει να δοθεί προσοχή :

- Στις γεωμετρικές ανοχές που εξασφαλίζουν τις κατάλληλες επιφάνειες ,ώστε τα δύο μέρη του καλουπιού να αφήνουν ικανό κενό για την διαφυγή του αέρα
- Στις ανοχές που τοποθετήθηκαν στους πείρους κέντρωσης ,οι οποίες είναι απαραίτητες για την καλή ευθυγράμμιση των δύο μερών του καλουπιού

Ακόμα για εποπτικούς λόγους δίπλα στα κατασκευαστικά σχέδια έχουμε τοποθετήσει και τα τρισδιάστατα μοντέλα τους ,και τις απαραίτητες τομές όπου φαίνονται όλες οι σχεδιαζόμενες λεπτομέρειες



SECTION A-A
SCALE 1:1



SECTION B-B
SCALE 1:1

Κατασκευή



Δέσιμο και ευθυγράμμιση του τεμαχίου προς επεξεργασία με τους άξονες της μηχανής

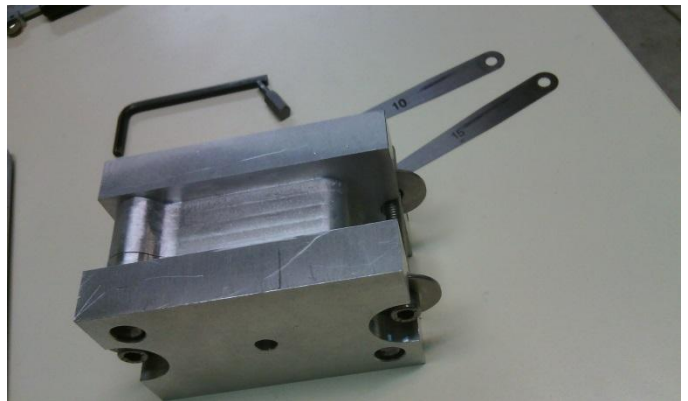


Κατασκευή cavity

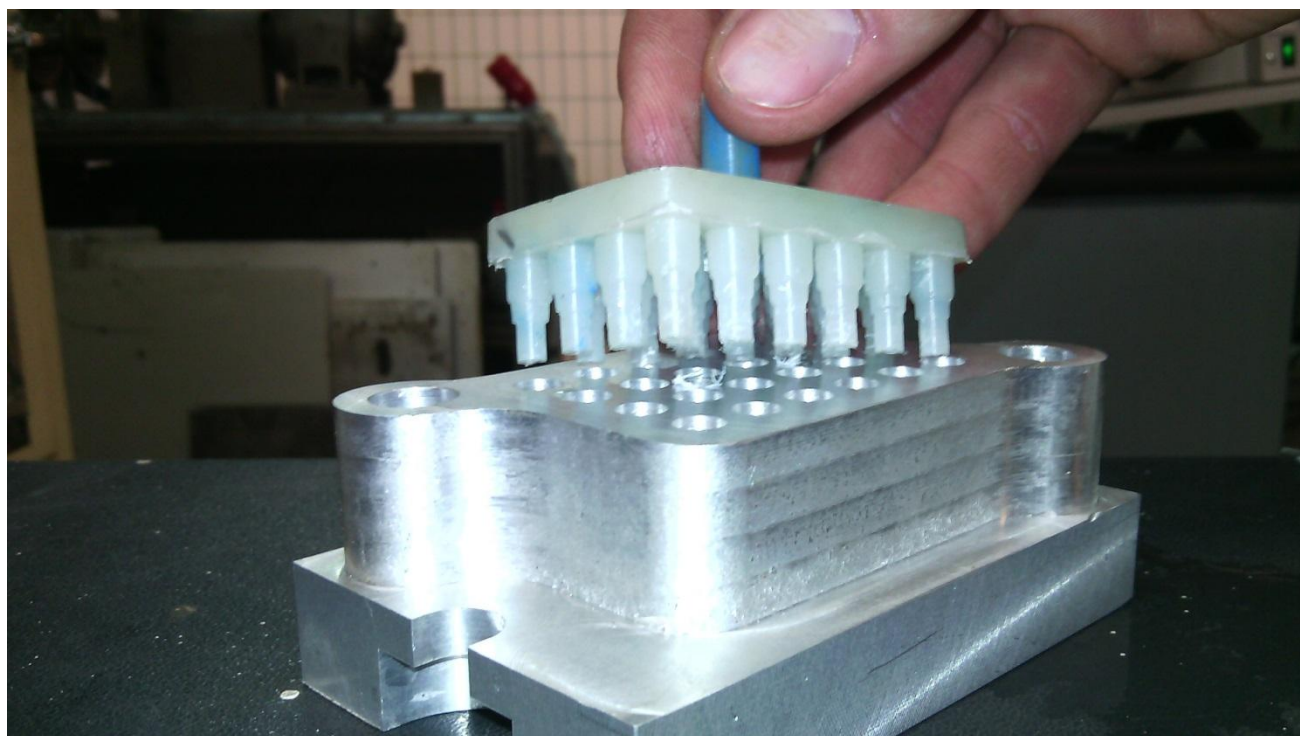
Οι κατεργασίες έγιναν στο κτήριο Ξ στην στην μηχανή Okuma MX-45 VAE 3-Axis :



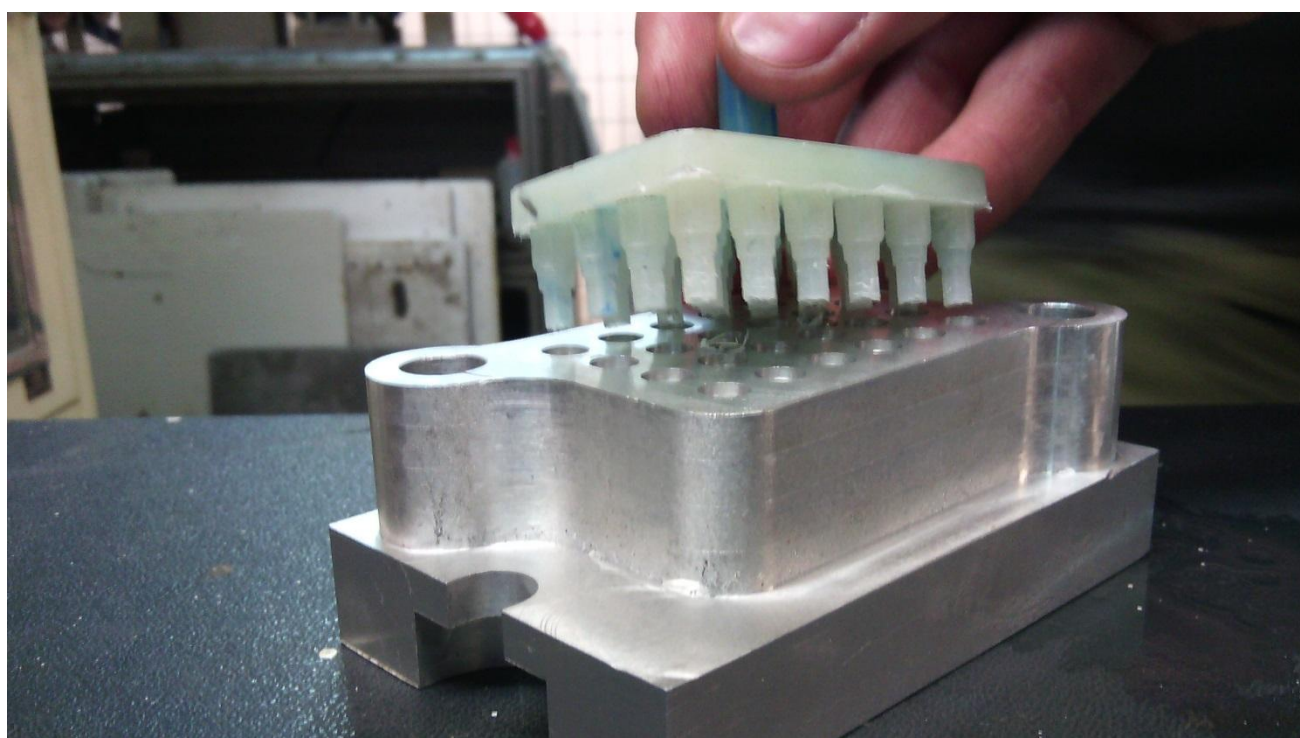
Χύτευση τελικού τεμαχίου



Δέσιμο core και cavity με κοχλίες. Στην πρώτη εικόνα φαίνονται καθαρά οι ejectors που τοποθετήθηκαν για την άμεση απομάκρυνση του τεμαχίου από το καλούπι



Παραγόμενο τεμάχιο



Βιβλιογραφία

Selecting Injection Molds 2006 - Herbert Rees, Bruce Catoen

How to make Injection Molds 2001 - Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren

Gastrow Injection Molds 130 Proven Designs